

УДК 575.224:575.826

С.В. Білоконь

**DROSOPHILA MELANOGASTER MG. ЯК ТЕСТ-ОБ'ЄКТ СКРИНІНГУ
КСЕНОБІОТИКІВ НА АКАРИЦИДНУ АКТИВНІСТЬ**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

e-mail: lotuss75@mail.ru

З'ясовували можливість використання *Drosophila melanogaster* Mg. (Diptera, Drosophilidae) в якості тест-об'єкта за скринінгу ксенобіотиків на акарицидну активність. Чутливість мух до акарицидів пірідабену (препарат «Санмайт») і пропаргіту (препарат «Омайт») оцінювали за показниками їх пристосованості, а саме за тривалістю життя, плодючістю та частотою мейотичної рекомбінації на ділянці *b-vg* другої хромосоми. Встановлено, що досліджувані сполуки – пірідабен і пропаргіт виявляли помітний вплив на важливі показники життєвості і адаптивного потенціалу *D. melanogaster*. За наявності зазначених акарицидів в живильному середовищі у досліджуваних мух пригнічується кросинговер, зменшується плодючість і тривалість життя особин. Зазначені біологічні ефекти були більш виразними за впливу на мух пірідабену і менш істотними за наявності в середовищі ксенобіотика пропаргіту з більш м'якою акарицидною дією. Досить висока чутливість *D. melanogaster* до досліджуваних сполук свідчить про можливість використання зазначених біотів в якості тест-об'єкта за скринінгу ксенобіотиків на акарицидну активність.

Ключові слова: дрозофіла, тест-об'єкт, акарициди, кросинговер, плодючість, тривалість життя.

С.В. Белоконь

**DROSOPHILA MELANOGASTER MG. КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТ
ДЛЯ СКРИНИНГА КСЕНОБИОТИКОВ НА АКАРИЦИДНУЮ АКТИВНОСТЬ**

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова

Выясняли возможность использования *Drosophila melanogaster* Mg. (Diptera, Drosophilidae) в качестве тест-объекта для скрининга ксенобиотиков на акарицидную активность. Чувствительность мух к акарицидам пиридабену (препарат «Санмайт») и пропаргиту (препарат «Омайт») оценивали по показателям их приспособленности, а именно по продолжительности жизни, плодовитости и частоте мейотической рекомбинации на участке *b-vg* второй хромосомы. Установлено, что исследуемые соединения - пиридабен и пропаргит проявляли заметное влияние на важные показатели жизнеспособности и адаптивного потенциала *D. melanogaster*. При наличии указанных акарицидов в питательной среде у исследуемых мух подавляется кроссинговер, уменьшается плодовитость и продолжительность жизни особей. Указанные биологические эффекты были более выразительными при воздействии на мух пиридабена и менее существенными при наличии в среде ксенобиотика пропаргита с более мягким акарицидным действием. Достаточно высокая



чувствительность *D. melanogaster* к исследуемым соединениям свидетельствует о возможности использования указанных бионтов в качестве тест-объекта для скрининга ксенобиотиков на акарицидную активность.

Ключевые слова: *дрозофила, тест-объект, акарициды, кроссинговер, плодовитость, продолжительность жизни.*

S.V. Belokon

**DROSOPHILA MELANOGASTER MG. AS THE TEST-OBJECT
FOR SCREENING XENOBIOTICS ON ACARICIDAL ACTIVITY**

Mechnikov Odessa National University

The development of new effective test systems for screening xenobiotics on biological activity, including its possible harmful influence on the organism is the modern challenge. Test systems of eukaryotic origin are needed for testing of xenobiotics on their gonadotoxic, embryotoxic, teratogenic, and carcinogenic effects. Such testing should include the monitoring of genetic effects of bioactive compounds and the possible mutagenic effect. The *Drosophila melanogaster* Mg. is very convenient test object as a classical genetics object, for which the genome is fully sequenced. It is convenient and easy to find out the frequency of crossingover in different parts of the genome, and study the key indicators of vitality and ontogenetic adaptation (fertility, longevity, survival under stress conditions, etc.) on *Drosophila*. The crossover frequency, in our opinion, can be an integral factor for the general state of genotype, so we could use the mark of genetic recombination frequency as one of the indicators of the impact of xenobiotics.

In this study we examined the possibility of using *Drosophila melanogaster* Mg. (Diptera, Drosophilidae) as a test object for screening xenobiotics on acaricidal activity. Sensitivity of flies to acaricides piridaben (*Sanmayt*) and proparhit (*Omayt*) was studied by their fitness, longevity, fertility, and frequency of meiotic recombination in the area b-vg second chromosome. It was found that the studied compounds - piridaben and proparhit have significant influence on vitality of *D. melanogaster*. The presence of these acaricides in the nutrition of flies testifies the harmful influence on their crossingover and reduced fecundity and longevity. We suggested to use the *D. melanogaster* as a test object for screening xenobiotics on acaricidal activity.

Keywords: Drosophila, the test object, acaricides, crossingover, fertility, longevity.

В наші дні синтезується величезна кількість різних ксенобіотиків, серед яких є лікарські засоби, синтетичні барвники, пестициди тощо. Одним із найбільш пріоритетних напрямків сучасної науки є розробка нових ефективних тест-систем для скринінгу ксенобіотиків на біологічну активність, включаючи і можливі негативні їх впливи на організм.

Для коректної оцінки біологічної ефективності і можливих негативних побічних впливів ксенобіотиків необхідний досить значний арсенал чутливих і адекватних дослідженню тест-систем, кожна з яких має свої переваги за моніторингу того чи іншого ефекту ксенобіотика. Тест-системи еукаріотного

походження вкрай необхідні за тестування ксенобіотиків на їх гонадотоксичну, ембріотоксичну, тератогенну та канцерогенну дію (Проданчук, 2002). Таке тестування має включати водночас моніторинг генетичних ефектів біологічно активних сполук – їх вплив на структуру генетичного апарату і можливий мутагенний ефект, міграцію мобільних генетичних елементів, частоту кросинговеру тощо.

Для врахування цих та інших генетичних ефектів ксенобіотиків (потенційних пестицидів та інших активних сполук), дуже зручним тест-об'єктом видається *Drosophila melanogaster* Mg. – класичний об'єкт генетики, для якого побудована детальна генетична карта і повністю секвеновано геном. Саме на дрозофілі зручно і просто з'ясовувати частоту кросинговеру на різних ділянках геному, а також вивчати основні показники життєвості та онтогенетичної адаптації (плодючість, тривалість життя, виживаність за стресових умов тощо).

Відомо, що частота кросинговеру дуже залежить від зовнішніх впливів, а також прямо пов'язана з цілісністю молекул хромосомної ДНК, знаходження в ній мігруючих генетичних елементів та інших особливостей організації генотипу. Завдяки цьому частота кросинговеру, на наш погляд, може бути інтегральним показником загального стану генотипу за конкретних умов утримання живих об'єктів. Цим також обумовлюється важливість використання показника частоти генетичної рекомбінації в якості одного із перспективних індикаторів впливу ксенобіотиків на організм.

Дуже зручним тест-об'єктом для визначення частоти генетичної рекомбінації слугує плодова мушка *Drosophila melanogaster* Mg. Доцільність використання *D. melanogaster* для скринінгу ксенобіотиків, в тому числі акарицидів, експериментально не доведена.

Пристосування біонтів до певних умов довкілля (Жученко, Король, 1985) у значній мірі визначається ефективністю виникнення в генотипах адаптаційних (Тоцкий и др., 2001) та коадаптованих (Жученко, 1988) комплексів генів завдяки комбінаційній мінливості, важливим джерелом якої є генетична рекомбінація (Алшибли, 2001).

Кожен генотип як цілісна система взаємодіючих генів забезпечує унікальну реакцію організму на той чи інший екогенетичний чинник, у тому числі на вплив пестицидів, однак інформації про можливу залежність комбінаційної та мутаційної мінливості організмів, зокрема частоти кросинговеру, від цього чинника, дуже мало.

Враховуючи вищезазначене, метою даного дослідження було вивчення чутливості показників пристосованості дрозофіли, а саме тривалості її життя, плодючості та частоти мейотичної рекомбінації на ділянці *b-vg* другої хромосоми за впливу на мух акарицидів пірідабену (препарат «Санмайт») і пропаргіту (препарат «Омайт»).



МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом досліджень були лінійні мухи дикого типу *Canton-S*, та подвійні мутанти *b vg*. Мух утримували при температурі 24-25 °С в термостаті в цукрових стаканчиках із стандартним середовищем (Тихомирова, 1990) у контролі та з додаванням акарицидів до кормової суміші у досліді. Для дослідів використовували акарициди, що містяться в комерційних препаратах «Санмайт» (містить пірідабен, 200 г/кг) і «Омайт» (містить пропаргіт, 300 г/кг).

«Санмайт» (пірідабен, 200 г/кг) – контактний акарицид, що відрізняється високою активністю щодо шкідників на всіх стадіях їх розвитку (яйце – личинка – німфа – дорослий кліщ), і є ефективним у боротьбі з багатьма видами кліщів. Пірідабен токсичний для птахів, слаботоксичний для бджіл й теплокровних тварин. Помірно небезпечний для людини. За перорального попадання в організм пірідабен помірно небезпечний, за інгаляційного – небезпечний. Препарат на основі пірідабену відноситься до другого класу небезпеки для людини і третього класу небезпеки для бджіл. Пропаргіт за хімічною структурою є ефіром сірчистої кислоти, відноситься до малотоксичних речовин. Знищує кліщів на активних стадіях розвитку (личинка, німфа, доросла особина), не знищує яйця.

Крім частоти кросинговеру, у досліджуваних мух вивчали найважливіші показники пристосованості, а саме плодючість та тривалість життя. В дослідях використовували концентрації ксенобіотиків, близькі до рекомендованих виробниками (0,001% «Санмайт» і 0,003% «Омайт»), а також подвійні дози цих препаратів. Препарат «Омайт» відносяться до класу малотоксичних, а «Санмайт» – до помірно токсичних.

Частоту кросинговеру у контрольних та піддослідних мух визначали на ділянці другої хромосоми між локусами *b* (48,5 cM) і *vg* (67 cM). Для вивчення залежності показників пристосованості та частоти кросинговеру у досліджуваних мух від вмісту у живильному середовищі зазначених акарицидів схрещували самиць подвійних мутантів по локусах *black* та *vestigial (b-vg)* з самцями дикого типу лінії *Canton-S*. Із числа нащадків, отриманих в результаті схрещування, відбирали віргінних дигетерозиготних самиць в день вильоту і поділяли їх на п'ять груп (контрольну та чотири дослідних). Кожну самку контрольної групи утримували окремо у пробірках на стандартному поживному середовищі, а самок дослідних груп – на середовищах з додаванням препаратів акарицидів. Таким чином, у період мейотичного поділу ооцитів і можливого кросинговеру піддослідні самки, на відміну від контрольних, знаходилися на живильних середовищах, що містили акарициди. На третій день до контрольних і дослідних самок підсажували самців-аналізаторів, гомозиготних по двох рецесивних генах – *b* і *vg*. Створені сім'ї утримувались на середовищах з акарицидами протягом трьох діб. Серед отриманих нащадків підраховували число некросоверних і кросоверних особин від кожної пари

батьків, що відкладали яйця протягом трьох діб. Частоту кросинговеру розраховували як відношення числа кросоверних особин до загальної кількості нащадків аналізуючого схрещування і виражали у відсотках. Визначення частоти кросинговеру здійснювали у 20-ти кратній повторності.

Тривалість життя, тобто здатність підтримувати життєздатність організму тривалий час, є комплексною кількісною ознакою, яка вносить певний внесок у пристосованість організмів (Rogina, Helfand, 2004). Вивчення тривалості життя дрозофіли в умовах впливу ксенобіотиків може бути важливим тестом за скринінгу цих сполук на біологічну активність та токсичну дію.

Тривалість життя мух у контролі і за наявності акарицидів в живильному середовищі визначали, утримуючи по 10 мух кожної статі в окремих пробірках. Підрахунок живих мух вели щодня. Зміну корму здійснювали кожні три доби, результати виражали кількістю діб, необхідних для загибелі 50% особин (LT_{50}).

Плодючість є самою прямою та безпосередньою характеристикою процесу розмноження біонтів (Волкова и др., 2005) і водночас складовою (компонентом) пристосованості (Айала, Кайгер, 1988). Існують декілька способів кількісної оцінки здатності дрозофіли залишати нащадків. За одним із них репродуктивну здатність імаго дрозофіли оцінюють шляхом підрахунку кількості нащадків на стадії лялечки. Цей показник залежить від плодючості імаго і виживання нащадків на ембріональній і личинковій стадіях розвитку. Визначають плодючість за числом лялькових пупаріїв, отриманих від самки після спарювання та відкладання яєць протягом трьох діб. Визначена таким чином репродуктивна здатність більш відповідає поняттю продуктивності, ніж показник плодючості, який оцінюють за кількістю відкладених самками яєць. Тому часто використовують підрахунок нащадків на рівні імаго, і цей показник деякі автори називають «реальною плодючістю» (Волкова, Немчук и др., 2005).

Так звану реальну плодючість визначали за кількістю нащадків кожної пари мух. Для цього пару батьківських особин утримували в пробірці з живильним середовищем, до якого додавали акарициди в досліді та дистильовану воду в контролі. Підрахунок нащадків, що виникали за цих умов, вели за кількістю лялечок та імаго.

Статистичну обробку матеріалу проводили за допомогою програми *Statistica 9.0*, достовірність розбіжностей досліджених ознак оцінювали за допомогою критерію Стюдента (Атраментова, Утевская, 2008). Дані наведено як середнє арифметичне значення та похибка середнього ($M \pm m$)

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати вивчення впливу акарицидів пірідабену і пропаргіту на частоту кросинговеру у дрозофіли представлено на рис. 1.

Спостерігалось деяке зменшення частоти кросинговеру у дрозофіли на ділянці *b-vg* хромосоми 2, але статистично достовірні відмінності мають місце тільки за додання до кормової суміші мух акарициду пірідабену, причому як у

рекомендованій виробником концентрації, так і в подвійній дозі ($P < 0.05$). Таким чином, препарат «Санмайт», як більш активний акарицид у порівнянні з «Омайтом», більш ефективно зменшує вихід кросоверних особин в поколіннях аналізуючих схрещувань. Не виключено, що біологічна дія акарициду полягає в тому числі у пригніченні активності ферментів, які обумовлюють генетичну рекомбінацію. Не виключено також, що досліджувані акарициди впливають на структурну організацію хромосом і тим самим змінюють положення гена, яке дуже важливе за генетичної рекомбінації.

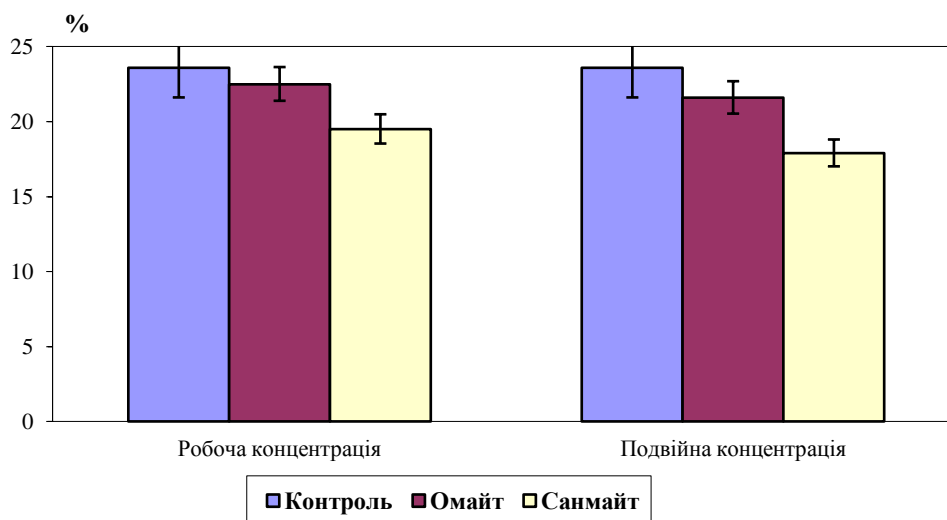


Рис. 1. Частота кросинговеру на ділянці хромосоми 2 *b-vg* *D. melanogaster* за вмісту у поживному середовищі досліджуваних акарицидів

Більш низька частота кросинговеру обмежує спектр рекомбінантних форм у популяціях і тим самим зменшує їх екологічну стійкість, яка визначається як здатність протистояти дії несприятливих чинників (Жученко, Король, 1985). Це відбувається за рахунок постійного накопичення мутацій, основним механізмом елімінації яких з генофонду популяції є генетичні обміни, що здійснюються шляхом кросинговеру або перерозподілу хромосом. Тому зниження частоти генетичних обмінів може виступати в якості додаткового чинника, що призводить до накопичення мутацій в популяціях і зменшення екологічної стійкості останніх.

На підставі отриманих нами даних можна припустити, що досліджувані акарициди виявляють досить значну генетичну активність. Слід підкреслити, що більш токсичний акарицид – пірідабен (препарат «Санмайт») достовірно пригнічує процес кросинговеру в протилежність менш токсичному акарициду пропарітату (препарат «Омайт»). Питання про те, чи є ступінь пригнічення кросинговеру у дрозофіли коректним показником рівня токсичності існуючих акарицидних препаратів взагалі, на разі не з'ясоване і потребує подальших досліджень. Генотоксичну дію досліджуваних акарицидів спостерігали також за

вивчення впливу цих ксенобіотиків на деякі показники адаптивності мух, а саме на їх плодючість і тривалість життя.

Показники плодючості *Drosophila melanogaster* на рівні лялькових пупаріїв і дорослих мух за впливу препаратів акарицидів наведено в табл. 1. Дані цієї таблиці свідчать, що плодючість у мух лінії C-S за наявності в живильному середовищі досліджуваних акарицидів була достовірно меншою, ніж у контролі, як за кількістю лялечок, так і за кількістю імаго. Це повністю узгоджується з даними літератури про токсичний вплив пестицидів на організми тварин різних видів (Кузнецова и др., 2009; Пак и др., 2011).

Подвоєння концентрацій акарицидів в живильному середовищі достовірно збільшує негативний вплив обох акарицидів на плодючість досліджуваних мух. Більш виразний вплив на плодючість мух виявляв акарицид пірідабен, який, як уже зазначалося, був також більш ефективним за впливу на частоту кросинговеру. Можливо, це пов'язано з тим фактом, що пірідабен (препарат «Санмайт») виявляє більш високу ефективність в боротьбі з шкідниками на всіх стадіях їх розвитку. Що ж до препарату «Омайт», то він знищує кліщів лише в активних стадіях розвитку (личинка, німфа, доросла особина), але не проявляє своєї дії на стадії яйця.

Таблиця 1. Показники плодючості лінії C-S *Drosophila melanogaster* за наявності акарицидів в живильному середовищі (n = 25 сімей)

Наявність акарицидів у кормі	Плодючість сімей			
	За кількістю лялечок		За кількістю імаго	
	M ± m	%	M ± m	%
Контроль (без добавок акарицидів)	75,34 ± 2,16	100	64,26 ± 1,75	100
пропаргіт 0,003%	61,32 ± 2,42 ¹	81,4	45,18 ± 2,16 ¹	70,3
пропаргіт 0,006%	54,74 ± 2,43 ^{1,3}	72,7	36,62 ± 2,75 ^{1,3}	57,0
пірідабен 0,001%	53,16 ± 2,81 ^{1,2}	70,6	29,48 ± 1,83 ^{1,2}	45,9
пірідабен 0,002%	38,76 ± 3,12 ^{1,2,3}	51,4	26,31 ± 3,08 ^{1,2}	40,9

Примітка: ¹Достовірність у порівнянні з контролем (P < 0.05); ²Достовірність у порівнянні з варіантом дослідів з використанням іншого акарициду (P < 0.05); ³Достовірність при застосуванні різних концентрацій досліджуваних акарицидів (P < 0.05).

Отримані в даній роботі дані про вплив досліджуваних акарицидів на тривалість життя дрозофіли наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Тривалість життя особин лінії C-S *Drosophila melanogaster* за наявності акарицидів в живильному середовищі (n = 175)



Наявність акарицидів у кормі	Тривалість життя мух (Lt ₅₀), дні	%
Контроль (без добавок акарицидів)	18,15 ± 1,35	100
пропаргіт 0,003%	15,78 ± 2,78	86,9
пропаргіт 0,006%	14,26 ± 2,16*	78,6
пірідабен 0,001%	14,58 ± 2,06	80,3
пірідабен 0,002%	12,08 ± 2,78*	66,6

Примітка: *Достовірність у порівнянні з контролем $P < 0.05$

Аналізуючи наведені дані, ми вважаємо, що застосовані в досліді акарициди виявили виразний негативний вплив на тривалість життя досліджуваних мух. Акарицид пірідабен («Санмайт»), за концентрації в середовищі 0,002% виявляв суттєвий вплив на показник Lt₅₀. Дія акарициду пропаргіту («Омайт») на тривалість життя дрозофіл теж була досить виразною і проявлялася за вмісту акарициду в живильному середовищі 0,006%.

Таким чином, досліджувані акарициди – пропаргіт і пірідабен – виявили помітний вплив на важливі показники життєвості і адаптивності *D. melanogaster*. За наявності зазначених акарицидів в живильному середовищі у досліджуваних мух зменшувалася частота кросинговеру, падала плодючість і тривалість життя. Зазначені біологічні ефекти були більш виразними за впливу на мух ксенобіотика пірідабену і менш істотними за наявності в середовищі акарицида пропаргіта.

Акарицид «Санмайт» виявився більш токсичним для тварин і більш ефективним засобом боротьби з кліщами, що узгоджується з літературними даними і відгуками виробничих служб. На наш погляд, *D. melanogaster*, хоча є представником іншого класу типу членистоногих, досить вразлива до біологічних ефектів акарицидів і може слугувати чутливим тест-об'єктом за скринінгу акарицидів на їх потенційну ефективність. В якій мірі цей висновок може бути коректним у відношенні інших пестицидів, можна буде відповісти лише після проведення широкого кола відповідних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. *Drosophila melanogaster* Mg є досить чутливою до біологічної дії акарицидів пірідабену (препарат «Санмайт») і пропаргіту (препарат «Омайт»).
2. За наявності в живильному середовищі зазначених ксенобіотиків у піддослідних мух пригнічувався кросинговер на ділянці другої хромосоми *b-vg*, зменшувалась плодючість і тривалість життя особин.
3. Більш ефективний за акарицидною дією і більш токсичний препарат «Санмайт» виявив виразніший генотоксичний ефект на *D. melanogaster* у порівнянні з препаратом «Омайт», якому властива більш м'яка акарицидна дія.

4. Вважаємо доцільним використання *D. melanogaster* в якості тест-об'єкта за скринінгу акарицидів на біологічну активність.
5. Для наукового обґрунтування можливості використання *D. melanogaster* в якості тест-об'єкта за скринінгу інших пестицидів на біологічну активність необхідні подальші дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Rogina B. Sir2 mediates longevity in the fly through a pathway related to calorie restriction / B. Rogina, S. L. Helfand // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2004. – Vol. 101. – N. 45. – P. 158 – 160.
- Айала Ф. Современная генетика: В 3-х т. Т. 3. Пер. с англ.: / Ф. Айала, Дж. Кайгер. – М.: Мир, 1988. – 336 с.
- Алшибли Н. М. Частота рекомбинаций на участке *bcp-vg* хромосомы 2 *Drosophila melanogaster* в зависимости от генотипа и возраста мух / Нассер Мухамед Алшибли, Н.Д. Хаустова, В.Н. Тоцкий // Вісник Одеського національного університету. – 2001. – Т.6. – Вип. 1. Біологія. – С. 45-50.
- Атраментова Л. А. Статистические методы в биологии. / Л.А. Атраментова, О.М. Утевская // – Горловка: Видавництво Ліхтар. – 2008. – 248 с.
- Волкова Н.Е. Влияние возраста родителей на половое поведение *Drosophila melanogaster* / Н.Е. Волкова, Н.В. Немчук, Л.И. Воробьева // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія. – 2005. - Вип. 1-2. – № 709. – С. 77-84.
- Жученко А. А. Рекомбинация в эволюции и селекции. / А.А. Жученко, А.Б. Король – М.: Мир, 1985. – 400 с.
- Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы) / А.А.Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 767 с.
- Кузнецова Т.Ю. Влияние пестицидов на онтогенетическую изменчивость *Drosophila melanogaster* / Т.Ю. Кузнецова, Е.В. Демчук, И.В. Пак // Вестник Тюменского государственного университета – 2009. – №3. – С. 248-254.
- Пак И.В. Токсико-генетические эффекты малых доз дельтаметрина (дельцида) в опытах с *Rattus Norvegicus* / И.В. Пак, Е.А. Читаева, А.В. Хмелев, Г.С. Сивков // Вестник Тюменского государственного университета. – 2011. – № 6. – С. 11– 17.
- Проданчук М.Г. Токсиколого-гігієнічні основи безпечності харчових продуктів / М.Г.Проданчук // Журнал АМН України, 2002. – Т. 8. - №4. – С. 693-702.
- Тихомирова М. М. Генетический анализ. / М.М.Тихомирова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – 280 с.
- Тоцкий В. Н. Генный баланс и адаптация природных и искусственно созданных генотипов *Drosophila melanogaster* / В.Н.Тоцкий, Н.Д. Хаустова, Н.Г. Гандирук // Труды по фундаментальной и прикладной генетике (к 100-летию юбилею генетики). – Харьков, Штрих, 2001. – С. 140



REFERENCES

- Alshibli, N.M., Khaustova, N.D., Totsky, V.N. (2006). Frequency of recombination at site b-cn-vg chromosome 2 of *Drosophila melanogaster* reagdrs their genotype and age of flies. *Bulletin of the Odessa National University*, 6(1), 45-50.
- Atramentova, L.A., Utevskaia, O.M. (2008). Statistical methods in biology. Horlovka: Vidavniststvo Lihtar.
- Ayala, F., Kayger, J. (1988). Modern genetics. Moscow: Mir
- Kuznetsova, T.U., Demchuk, E.V., Pak, I.V. (2009). The impact of pesticides on ontogenetic variability of *Drosophila melanogaster*. *Bulletin of the Tyumen State University*, 3, 248-254.
- Pak, I.V., Chitaeva, E.A., Khmelev, A.V., Sivkov, G.S. Toxic and genetic effects of small doses of deltamethrin (deltsida) in experiments with *Rattus*. *Bulletin of the Tyumen State University*, 6, 11-17.
- Prodanchuk, M.G (2002). Toxicological and hygienic basics of food safety. *Journal of Medical Sciences of Ukraine*, 8 (4), 693-702.
- Rogina, B. Helfand, B.L. (2004). Sir2 mediates longevity in the fly through a pathway related to calorie restriction. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 101 (45), 158 – 160.
- Totskiy, V.N., Khaustova, N.D., Gandiruk, N.G.(2001). Gene balance and adaptation of natural and artificial creation of genotypes *Drosophila melanogaster*. Works on fundamental and applied genetics. Kharkiv, Shtrikh.

Tyhomirova, M.M. (1990). Genetic analysis. Leningrad: Publishing House of Leningrad State University.

Volkova N.E., Nemchukl N.V., Vorobyoval L.I. (2005). The effect of age on the sexual behavior of parents *Drosophila melanogaster*. *Bulletin of Karazin Kharkov National University. Series Biology*, 1-2(709), 77-84.

Zhuchenko, A.A. (1988). Adaptive capacity of cultivated plants (ecological and genetic bases). Chisinau: Shtiintsa.

Zhuchenko, A.A. Korol, A.B. (1985). Recombination in the evolution and selection. Moscow: Mir

Поступила в редакцию 09.04.2015

Как цитировать:

Белоконь, С.В. (2015). *Drosophila melanogaster* тг. як тест-об'єкт скринінгу ксенобіотиків на акарицидну активність. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 5 (1), 145-155. **crossref** <http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v5i1.970>

©Белоконь, 2015

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)